

С. А. Ивакина, В. А. Мунц, Ю. Г. Мунц

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

v.a.munts@urfu.ru

ГАЗООБРАЗОВАНИЕ В КИПЯЩЕМ СЛОЕ ПРИ ОБЖИГЕ ЦИНКОВОГО КОНЦЕНТРАТА

Аналитически получена зависимость концентрации горючих веществ в кипящем слое при обжиге цинкового концентрата. Проведено сопоставление расчетов с экспериментальными данными, полученными на промышленной обжиговой печи.

Ключевые слова: кипящий слой, шихта, концентрация горючих веществ

S. A. Ivakina, V. A. Munts, J. G. Munts

Ural Federal University, Ekaterinburg

GAS FORMATION PROCESS UNDER ZINC CONCENTRATE ROASTING IN FLUIDIZED BED

Dependence of volatilize evolution under zinc concentrate roasting in fluidized bed furnace. The comparison between calculation results and experimental data industrial was made. Experimental data resulted in industrial roasted furnace operation.

Key words: fluidized bed; charging material; volatilize concentration

Уравнение изменения концентрации кислорода по высоте кипящего слоя можно представить в традиционном виде [1]

$$V \cdot w \cdot \frac{dC_{O_2}}{dx} = -(k \cdot S_i \cdot \zeta_0) \cdot F \cdot C_{O_2}, \text{ кг/с.} \quad (1)$$

Здесь V – объём слоя, м^3 ; w – скорость газов в топке, м/с ; $(k \cdot S_i \cdot \zeta_0)$ – константа скорости химического реагирования шихты, отнесенная к внешней поверхности частиц, м/с ; F – внешняя поверхность частиц в объёме слоя, м^2 .

Разделив правую и левую часть уравнения (1) на объём слоя, получим:

$$w \cdot \frac{dC_{O_2}}{dx} = -(k \cdot S_i \cdot \zeta_0) \cdot S \cdot C_{O_2}, \text{ кг/м}^3\text{с}. \quad (2)$$

Здесь S – внешняя удельная поверхность частиц шихты в слое огарка, составляющего основную массу кипящего слоя, $\text{м}^2/\text{м}^3$. Внешняя удельная поверхность связана с удельной массовой концентрацией z горючих в объёме кипящего слоя следующим соотношением

$$S = \frac{6}{\delta} \cdot \frac{\rho_c \cdot (1-\varepsilon)}{\rho_{ш}} \cdot z.$$

Учитывая, что глубина проникновения реакции в объём частицы составляет $\zeta_0 = \frac{\delta}{6}$, преобразуем правую часть уравнения (2) к виду

$$w \cdot \frac{dC_{O_2}}{dx} = -(k \cdot S_i) \cdot \frac{\delta}{6} \cdot \frac{6}{\delta} \cdot \frac{\rho_c \cdot (1-\varepsilon)}{\rho_{ш}} \cdot z \cdot C_{O_2} = -(k \cdot S_i) \cdot \sigma \cdot z \cdot C_{O_2}, \quad (3)$$

где $\sigma = \frac{\rho_c \cdot (1-\varepsilon)}{\rho_{ш}}$.

Здесь ρ_c – истинная плотность огарка, кг/м^3 ; $\rho_{ш}$ – истинная плотность шихты, кг/м^3 , ε – порозность слоя.

В качестве начальной концентрации кислорода C_{O_2} принимается содержание кислорода в дутьевом воздухе (от 21 %). Интегрируя (3) от $x = 0$ до текущего значения, получим распределение концентрации кислорода по высоте слоя в зависимости от массовой концентрации шихты в объёме кипящего слоя огарка:

$$C_{O_2} = C_0 \cdot \exp\left(-\frac{(k \cdot S_i) \cdot \sigma \cdot z \cdot x}{w}\right), \text{ кг/м}^3. \quad (4)$$

При конечной высоте слоя H концентрация кислорода на выходе из слоя будет равна:

$$C_K = C_0 \cdot \exp\left(-\frac{(k \cdot S_i) \cdot \sigma \cdot z \cdot H}{w}\right), \text{ кг/м}^3. \quad (5)$$

Отношение конечной и начальной концентраций связано с коэффициентом избытка воздуха очевидным соотношением:

$$\frac{C_K}{C_0} = \left(1 - \frac{1}{\alpha}\right).$$

Подставляя данное соотношение в (5), получим выражение для определения коэффициента избытка воздуха на выходе из слоя в зависимости от режимных параметров и высоты слоя H :

$$\frac{1}{\alpha} = \left[1 - \exp \left(- \frac{(k \cdot S_i) \cdot \sigma \cdot z \cdot H}{w} \right) \right]. \quad (8)$$

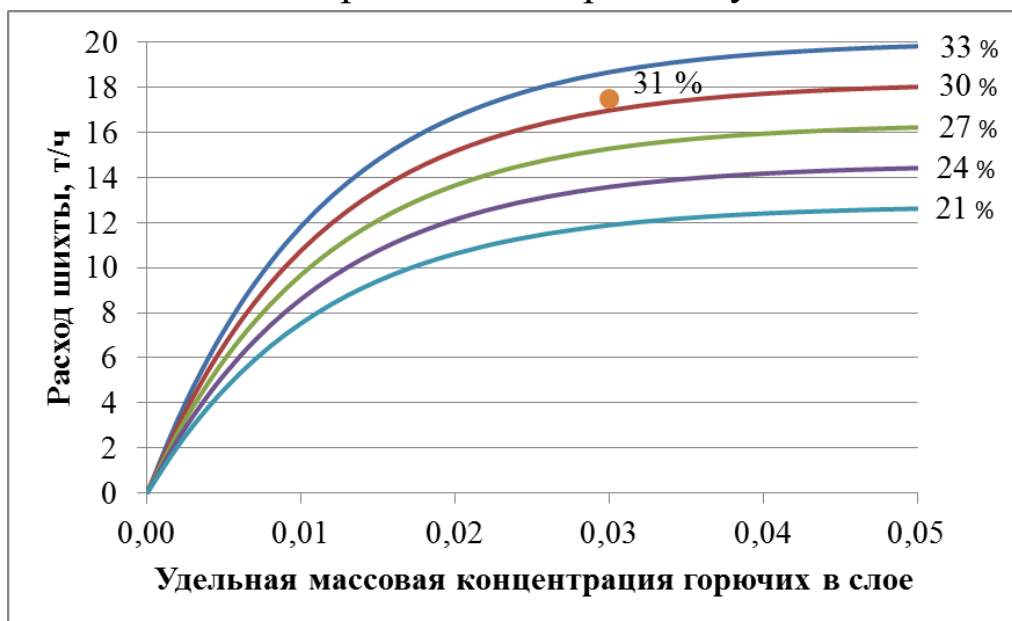
Расход воздуха G , подаваемого на горение, может быть записан либо через скорость воздуха u , приведенную к нормальным условиям, и площадь сечения печи кипящего слоя F_c , либо через величину теоретически необходимого количества воздуха V^0 и его избыток

$$G = u \cdot F_c = B \cdot \alpha \cdot V^0.$$

Из данного равенства можно выразить расход шихты, выгорающей на 1 м^2 сечения печи, в зависимости от концентрации горючих веществ в слое (z), и подставляя при этом в качестве α выражение (8) получим зависимость удельного расхода шихты от режимных параметров:

$$\frac{B}{F} = \frac{u}{\alpha \cdot V^0} = \frac{u}{V^0} \cdot \left[1 - \exp \left(- \frac{(k \cdot S_i) \cdot \sigma \cdot z \cdot H}{w} \right) \right], \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}). \quad (9)$$

На рисунке приведены рассчитанные по формуле (9) в зависимости расхода шихты от среднего содержания горючих в слое при различных концентрациях кислорода в дутье.



Зависимость расхода шихты от удельной массовой концентрации горючих веществ в слое: линии – расчет по зависимости (9), точка – эксперимент

Идеальный процесс обжига заключается в окислении наибольшего количества шихты с минимальным остатком горючих веществ в кипящем слое. Это достигается за счет увеличения концентрации кислорода в дутье до определенного предела (экономически обоснованного). Так, например, из расчетов следует, что при расходе шихты 17 т/ч и концентрации кислорода в дутье более 30 % средняя концентрация горючих в слое составляет около 3 %. Рабочие данные печи № 2 ПАО «ЧЦЗ» хорошо соотносятся с расчетными – при расходе 17,5 т/ч и концентрации кислорода 31 % содержание горючих в слое по среднемесячным анализам технологических показателей составляет 3 %.

Список использованных источников

1. Мунц В. А. Расчет газообразования при горении твердого топлива в кипящем слое / В. А. Мунц, А. П. Баскаков, А. А. Ашихмин // ИФЖ. 1988. Т. 54. № 3. С. 432–438.